

BUNDE REPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT
 SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
 COMPLIANCE WITH
 RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 09 APR 2003

WIPO

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
 einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 07 564.6

Anmeldetag: 22. Februar 2002

Anmelder/Inhaber: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung eV, München/DE

Bezeichnung: Vorrichtung zur Lichtlenkung

IPC: F 21 V, G 02 F, E 06 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. März 2003
 Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Wallner

Rösler Patentanwaltskanzlei

urpatent®

Rösler Patentanwaltskanzlei, Landsberger Str. 480 a, 81241 München
Deutsches Patent- und Markenamt
Zweibrückenstr. 12
80297 München

Uwe Th. Rösler, Dipl.-Phys.
Dr. Roland Gagel, Dipl.-Phys.*

Patentanwälte,
European Patent Attorneys,
European Trademark Attorneys

Telefon: +49/(0)89/820 477 120
Telefax: +49/(0)89/820 477 121
email: ur@urpatent.com

21.02.2002, Rö/Bi
Unser Zeichen: F102R199

Neue Deutsche Patentanmeldung

Anmelder:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.,
Leonrodstr. 54, 80636 München

Vorrichtung zur Lichtlenkung

Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Lichtlenkung aus wenigstens einem teiltransluzenten Flächenmaterial.

Stand der Technik

Moderne Gebäude weisen zunehmend große Verglasungsflächen auf, wodurch in der Heizperiode das einfallende Sonnenlicht den Heizenergiebedarf reduziert und die Beleuchtung in den Gebäuden durch vermehrten Tageslichteinfall verbessert wird.

Gleichzeitig können aber auch unerwünschte Effekte auftreten, insbesondere eine Überhitzung an warmen Tagen in den Gebäuden oder eine Blendung durch direktes Sonnenlicht, z.B. auch bei Bildschirmarbeitsplätzen.

Diesen Problemen wird derzeit begegnet durch den Einsatz von statischen Elementen, wie z.B. Sonnenschutzverglasungen mit geringer solarer Transmission, Markisen-, Balkonvorbauten vor Fensterflächen etc.. Auch optisch schaltbare Elemente, wie mechanisch verstellbare Verschattungssysteme im Sinne von Jalousien oder Raffstoren oder neuerdings auch optisch schaltbare Fenster, wie elektrochrome oder gasochrome Fenster vermögen Überhitzungen und unangenehmen Blendeffekten entgegenwirken. Elektrochrome Systeme werden z.B. in C.G. Granqvist, "Handbook of inorganic electrochromic materials", Elsevier Amsterdam (1995), oder "Electrochromism", P.S. Monk, R. J. Mortimer, D.R. Rosseinsky, VCH Weinheim (1995), beschrieben. Den elektrochromen Systemen verwandt sind sog. Gasochrome Systeme, die ihre optischen Eigenschaften durch Reaktion mit einem Gas verändern, wie sie im übrigen auch in DE 44 40 572 sowie EP 0 792 406 B1 oder in "Mechanism of the gasochromic coloration of porous WO_3 films", Solid State Ionics, Volume 127, Issues 3-4, 2 January 2000, S. 319-328, A. Georg, W. Graf, R. Neumann and V. Wittwer, beschrieben werden.

So sind Materialien in optisch schaltbaren Systemen bekannt, die ihren Brechungsindex, ihre optische Aktivität, bspw. durch Drehung der Polarisationsebene bei Flüssigkristallen, oder ihren Absorptionsindex ändern, um auf diese Weise einstellbare Absorptionserscheinungen zu induzieren. Letztere Materialien werden je nach der Art ihrer Beeinflussung als elektrochrome, gasochrome, phototrope/photochrome oder photoelektrochrome Materialien bezeichnet. Auch sind Materialien bekannt, die einen Übergang von einem dielektrischen in einen metallischen Zustand erfahren, z.B. bei Metallhydrid-Spiegel (s. z.B. "Toward solid-state switchable mirrors using a zirconium oxide proton conductor", Solid State Ionics, Volume 145, Issues 1-4, 1 December 2001, S. 17-24, Virginie M. M. Mercier and Paul van der Sluis, "Cycling durability of switchable mirrors", Electrochimica

Acta, Volume 46, Issues 13-14, 2 April 2001, S. 2173-2178, Anna-Maria Janner, Paul van der Sluis and Virginie Mercier)

Die statischen Elemente bewirken hingegen eine dauerhafte Reduzierung des gesamten Lichteinfalls bspw. durch Fensteröffnungen jedoch nicht nur in erwünschter Weise während der warmen Jahreszeit, sondern auch in der Winterzeit, so daß der gewünschte Beitrag des Sonnenlichtes zur Raumheizung während kalten Jahreszeiten vermindert ist. Demgegenüber bieten mechanisch verstellbare Systeme eine weitgehend individuelle Anpassung bezüglich des Abschattungsgrades an die gegebenen Lichtverhältnisse, doch sind derartige System oft aufwendig, teuer und darüber hinaus wartungsintensiv.

Ein Ansatz zur Vermeidung von Blenderscheinungen im Rauminnenraum ist die gezielte Lichtlenkung des direkten Sonnenlichtes in Raumwinkelbereiche, in denen keine wahrnehmbare Blendung auftreten kann, wie z.B. an die Decke eines Innenraumes. Hierzu werden optische Elemente verwendet, die auf der Grundlage optischer Brechung, Reflexion und/oder interner Totalreflexion arbeiten. Derartige optische Elemente sind typischerweise als lichttransparente Flächenelemente ausgebildet und weisen z.B. an einer ihrer Oberflächen prismatisch ausgebildete Strukturen auf, die je nach Einfallsinkel die einfallende Strahlung transmittieren, umlenken, streuen oder reflektieren. Bei fest installierten derartigen Flächenelementen führt der saisonal variierende Sonnenstand dazu, daß direktes Sonnenlicht während einer bestimmten zeitlichen Periode, z.B. während der Sommermonate, gezielt reflektiert wird, während der verbleibenden Zeit aber nahezu ungehindert das Lichtumlenksystem passieren kann.

Ein weiteres System zur Lichtlenkung besteht aus Komplementärstrukturen, bei denen man sich zunutze macht, dass bei Durchtritt durch einen dünnen, planparallelen Spalt lediglich ein minimal kleiner paralleler Strahlversatz stattfindet. Somit kann ein Element, das aufgrund von Totalreflexion unter gewissen Einfallswinkeln eine Sonnenschutzfunktion erfüllt, mit Durchsichtseigenschaften versehen werden, indem eine Komplementärstruktur an das Element hinzugefügt

wird. Derartige Systeme sind bspw., aus DE 17 40 553, DE 11 71 370, US 2,976,759, US 3,393,034, US 4,148,563, US 4,519,675, US 5,880,886, DE 195 42 832 A1 oder DE 196 22 670 bekannt.

Ferner ist es möglich die Funktion von lichtlenkenden Prismen derart zu erweitern, indem die Prismen derart beweglich angebracht werden, daß die Ausrichtung der jeweiligen Prismenflächen zur Lichtquelle gezielt variiert werden kann. Aus der DE 1 497 348, DE 31 38 262 A1, US 4,773,733, DE 195 42 832 A1 oder DE 197 00 111 A1 sind derartige Systeme bekannt, bei denen strukturierte Lamellen oder Prismenstäbe um eine im wesentlichen waagerechte Achse drehbar gelagert sind, wodurch sich die lichtlenkenden Strukturen gezielt ausrichten oder der Sonne nachführen lassen. Für diese beweglichen Systeme treffen jedoch die Nachteile klassischer Lamellenjalousien oder Raffstore zu, hinsichtlich teurer Anschaffungskosten und Anfälligkeit gegen Störungen durch mechanisches Versagen.

Der Stand der Technik kennt somit durchaus Massnahme zur Vermeidung der Überhitzung in Gebäuden, z.B. optisch schaltbare Fenster, sowie Methoden zur Vermeidung der Blendung durch Lichtlenkung, z.B. durch prismatisch strukturierte Geometrien.

Die Anforderungen, die an die Reduzierung der Transmission eines optisch schaltbaren Fensters zur Vermeidung von Blendung gestellt werden müßten, sind jedoch sehr hoch, so daß entsprechende Fenster nicht verfügbar oder sehr aufwendig in ihrer Herstellung sind und auch im Betrieb weitere Nachteile aufweisen, wie längere Schaltzeiten, geringere Transmission im entfärbten Zustand oder geringere Langzeitstabilität. Gleichzeitig würde aber eine derartige Unterdrückung der Blendung insbesondere im Winter den gewünschten Effekt der Reduzierung der Heizenergie ebenfalls vermindern.

Demgegenüber leisten bekannte Lichtlenkungsvorrichtungen, die zwar zu einer Vermeidung der Blendung führen, keinen oder nur einen vernachlässigbar geringen

Beitrag zur Vermeidung der Überhitzung an warmen Tagen, zumal sie sich in den meisten Fällen auf die Umklenkung des direkten Sonnenlichts beschränken und somit diffuses Himmelslicht nicht effektiv ausblenden können.

Statische Beschichtungen in Verbindung mit derartigen Lichtlenkungsvorrichtungen können zwar die Überhitzung in warmen Jahreszeiten im Wege der Rückreflexion, Lichtstreuung oder Absorption deutlich reduzieren, doch tragen diese Ausblendmechanismen in der kalten Jahreszeit dazu bei, dass nur geringe solare Energiebeiträge zur Raumheizung genutzt werden können.

Ein besonderer Nachteil von optischen Anordnungen zur geometrischen Lichtlenkung betreffen die unvermeidbaren, herstellungsbedingten Abweichungen der reellen Lichtlenkstrukturen von der Idealstruktur. So sind insbesondere Kanten in der Realität abgerundet. Derartige Rundungen führen zu unerwünschten Blendwirkungen insbesondere bei direkter Betrachtung des Fensters.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Lichtlenkung aus wenigstens einem teiltransluzenten Flächenmaterial, das vorzugsweise als Fensterelement ausgebildet oder in ein solches integrierbar ist, derart weiterzubilden, dass die Vorrichtung die vorstehend zum Stand der Technik genannten Nachteile vermeidet. Insbesondere gilt es eine Vorrichtung zur Lichtlenkung anzugeben, die alle Vorteile, wie sie vorstehend zu den jeweils einzelnen Lichtumlenksystemen beschrieben sind, in sich vereint. Insbesondere soll die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Lichtlenkung jegliche Blendungerscheinungen, bedingt durch direkten Sonnenlichteinfall in das Rauminnere oder durch herstellungsbedingte Abrundungen an Oberflächenstrukturkanten vermeiden und überdies einen wirksamen Überhitzungsschutz, insbesondere in den warmen Jahreszeiten gewähren. Zugleich soll dem Erfordernis entsprochen werden, dass bei wirksamer Unterdrückung jeglicher Blendgefahr ein ausreichender Lichtdurchlass in das Rauminnere, vor allem in den kalten Jahreszeiten möglich ist. Ferner gilt es ein Lichtlenkungselement mit optischen Eigenschaften anzugeben, die von hoher

optischer Selektivität sowie Funktionalität sind, d.h. die Lichtumlenkung soll mit einer überaus hohen Winkel Selektivität in Bezug auf die Einfallswinkel des Sonnenlichtes auf die Vorrichtung möglich sein. Schließlich soll der herstellungsbedingten Aufwand möglichst gering sein, sodass ein wirtschaftlich interessantes Produkt gewonnen werden kann, das sich vor allem auch für großflächige Anwendungen eignet.

Die Lösung der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ist in den Ansprüchen 1 und 4 angegeben. Den Erfindungsgedanken vorteilhaft weiterbildende Merkmale sind Gegenstand der Unteransprüche. Ferner ist ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung der lichtumlenkenden Vorrichtungen angegeben.

Eine erste erfindungsgemäße Lösungsvariante sieht eine Vorrichtung zur Lichtlenkung aus wenigstens einem teiltransluzenten Flächenmaterial vor, mit wenigstens einer Flächenoberseite, die über optisch wirksame Oberflächenstrukturen zur Lichtlenkung und/oder Lichtstreuung verfügt.

Die Formulierung "wenigstens teiltransluzent" soll in diesem Zusammenhang eine Materialart kennzeichnen, die von Sonnenstrahlung aus dem sichtbaren Spektralbereich ohne oder mit nur geringen Transmissionsverlusten durchstrahlt werden kann.

Im weiteren Sinne gilt dies auch für jene Spektralbereiche, die sich unmittelbar am sichtbaren Spektralbereich zu kürzeren aber insbesondere längeren Wellenlängen angrenzen.

Ferner ist zumindest in Teilbereichen der Oberflächenstrukturen eine optisch schaltbare Beschichtung vorgesehen, die je nach Nutzeranforderungen die Oberflächenstrukturen vollständig oder lediglich in begrenzten Teilbereichen der Oberflächenstrukturen überdeckt, vorzugsweise längs von Kantenverläufen.

Alternativ zur unmittelbaren Beschichtung der Oberflächenstrukturen mit der optisch schaltbaren Schicht ist es ebenso möglich eine zweite Flächenoberseite, die der mit

den Oberflächenstrukturen versehenen Flächenoberseite gegenüberliegend, vorzugsweise parallel zueinander angeordnet ist, zumindest in Teilbereichen mit einer optisch schaltbaren Schicht zu versehen. Die zweite Flächenoberseite kann entweder getrennt von der ersten Flächenoberseite ausgebildet sein, bspw. durch Anordnen zweier getrennter Flächenmaterialien, oder einstückig mit der ersten Flächenoberseite bspw. in Form einer Vorder- und Rückseite einer als Fensterscheibe ausgebildeten Flächenmaterials verbunden sein.

Eine einfachste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung sieht ein an sich bekanntes optisches lichtlenkendes Flächenelement vor, dessen strukturierte Flächenoberseite mit einer optisch schaltbaren Schicht versehen ist. Durch eine derartige Kombination werden die Vorteile klassischer lichtlenkender bzw. streuender optischer Flächenelemente mit jenen in der Beschreibungseinleitung beschriebenen optisch schaltbaren Systemen in vorteilhafter Weise verbunden, so dass einerseits Blendwirkungen unterdrückt und andererseits Überhitzungseffekte in warmen Jahreszeiten vermieden werden können. Selbst in kalten Jahreszeiten kann die Blendgefahr hierdurch effektiv unterdrückt werden, wohingegen bei entsprechender Transmissionserhöhung der optisch schaltbaren Schicht der in das Rauminnere eindringende solare Strahlungsfluss merklich zur Erwärmung von Innenräumen beiträgt. Nachteile, die zu den einzelnen Systemen geschildert worden sind, treten bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung nicht auf. Auch die fertigungstechnisch bedingten Blendstreifen längs verrundeter Kantenzüge der lichtlenkenden Oberflächenstrukturen werden durch die lichtabsorbierende Schicht lokal in ihrer Blendwirkung herabgesetzt, indem die optisch schaltbare Schicht vorzugsweise an eben jenen Flächenbereichen mit erhöhter Blendwirkung auf den Oberflächenstrukturen vorgesehen wird.

Der Begriff "optisch wirksame Oberflächenstrukturen" umfasst in erster Linie Strukturgeometrien, die optisch wirksame Grenzflächen vorsehen, an denen Licht bei Durchtritt nach den Gesetzen der geometrischen Optik gebrochen, reflektiert oder gestreut wird. Dies trifft auf makroskopische Strukturelemente zu, deren Strukturgrößen durchaus Grenzflächen im Zentimeter- sowie Dezimeterbereich

aufweisen. Typischerweise stellen bereits Risse, Spalte oder Schlitze innerhalb der Flächenoberseite eines beispielsweise als Glasscheibe ausgebildeten Flächenmaterials derartige Oberflächenstrukturen dar, an deren Grenzflächen Lichtstrahlen in Abhängigkeit der jeweiligen Grenzflächenneigungen relativ zum Lichteinfall umgelenkt werden. In gleicher Weise stellen jedoch auch dreidimensional aus der Flächenoberseite erhabene Strukturen wie Prismen, Quader, Pyramiden, Linsenkörper etc. geeignete Oberflächenstrukturen dar, die in erfindungsgemäßer Weise mit schaltbaren Beschichtungen kombiniert werden können. Schließlich ist es ebenso denkbar, Hohlräume durch unmittelbaren Zusammenschluss zweier entsprechend oberflächig strukturierter Flachmaterialien zu bilden, die ebenfalls Grenzflächen einschließen und zur Lichtumlenkung dienen. Unter dem vorstehenden Begriff "optisch wirksame Oberflächenstrukturen" sollen jedoch auch optisch wirksame Mikrostrukturen subsummierbar sein, deren optisches Umlenksvermögen nicht ausschließlich mit den Gesetzen der geometrischen Optik beschreibbar sind. Ebenso sind Kombinationen aus den eingangs erwähnten Makro- sowie Mikrostrukturen denkbar.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur gezielten Lichtlenkung aus wenigstens einem teiltransluzenten Flächenmaterial ist, wie im weiteren noch im einzelnen ausgeführt wird, in besonders vorteilhafter Weise als Fensterelement oder Teil eines Fensterelementes vorzugsweise für Gebäude einsetzbar; aber auch in Spezialfällen für den Einsatz in anders beschaffene Räumlichkeiten, wie beispielsweise Fahrzeuge wie Schiffe, Autos, Flugzeuge, geeignet. Weiter ist auch ein Einsatz in Anzeigeelementen, wie z.B. Projektionsschirmen oder Displayhinterleuchtungen, denkbar.

Im Zusammenhang mit dem bevorzugten Einsatz der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Lichtlenkung von Sonnenstrahlung in das Rauminnere, vorzugsweise von Gebäuden, besteht der Wunsch, nicht zuletzt aus Kostengründen, die zur Lichtlenkung erforderlichen Strukturen zur miniaturisieren. Im Zuge der Miniaturisierung derartiger Oberflächenstrukturen gewinnen sogenannte optische Nahfeldeffekte an Bedeutung, die mit den Gesetzen der geometrischen Optik nicht

beschreibbar sind. Trifft Sonnenlicht auf derartige Mikrostrukturen, deren typische Strukturdimensionen im Bereich von $100 \mu\text{m}$ und darunter liegen, vorzugsweise kleiner $20 \mu\text{m}$, so bilden sich beugungsbedingte und durch Interferenzeffekte erklärbare Nahfeldeffekte aus, deren wirksames Inerscheinungtreten sehr stark vom Einfallswinkel des auf die Mikroskstrukturen einfallenden Sonnenlichtes abhängt. Derartige Mikrostrukturen, deren Wirkung und Ausgestaltung unter anderem in der DE 100 28 426 A1 beschrieben sind, eignen sich ebenso in vorteilhafter Weise als Strukturoberflächen zur Lichtlenkung und/oder Lichtstreuung, die entweder in Kombination mit den makroskopisch ausgebildeten, optisch wirksamen Oberflächenstrukturen eingesetzt werden können, wobei in diesem Fall die makroskopisch ausgebildeten optisch wirksamen Oberflächenstrukturen ganzflächig oder nur in bestimmten Oberflächenbereichen mit den Nahfeldeffekten hervorrufenden Mikrostrukturen versehen sind, oder die anstelle der makroskopisch ausgebildeten optisch wirksamen Oberflächenstrukturen auf einer Flächenoberseite zumindest in Teilbereichen aufgebracht sind. Eben jene Mikrostrukturoberflächen sind an ihrer Oberfläche erfindungsgemäß wenigstens in Teilbereichen mit einer optisch schaltbaren Schicht überzogen, deren optische Wirkung auf das die Mikrostrukturoberfläche durchsetzende Sonnenlicht wesentlich durch die von den Mikrostrukturen bedingten Nahfeldeffekte beeinflusst wird. Besonders vorteilhaft ist es, ausschließlich jene Bereiche der Mikrostruktur mit der optisch schaltbaren Schicht zu versehen, an denen für bestimmte Einfallswinkel, unter der Sonnenlicht auf die Mikrostrukturoberfläche auftrifft, besonders große Nahfeld-Intensitäten auftreten.

So ließe sich auch eine vollständige Beschichtung der Mikrostrukturoberfläche mit einer lichtinduziert optisch schaltbaren Schicht, vorzugsweise aus photochromen Material, an Orten hoher Intensität im Nahfeld lokal einfärben, was durchaus zu optisch interessanten Erscheinungen führen kann.

Weitere Untersuchungen mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung haben darüber hinaus überraschenderweise gezeigt, dass anstelle der Verwendung optisch schaltbarer Beschichtungsmaterialien, auch optisch wirksame Schichten, deren Absorptions-, Transmissions- und/oder Reflexionsverhalten zeitunabhängig ist, also

zeitlich invariant ist, wie es beispielsweise bei dielektrischen oder metallischen Schichtmaterialien der Fall ist, vergleichbar gute optische Lichtlenk- bzw. – streueigenschaften aufweisen, wie sie unter Verwendung vorstehend beschriebener Vorrichtung zu beobachten ist, sofern die optisch wirksamen Schichten zumindest in Kombination mit einer Mikrostrukturoberfläche eingesetzt wird.

Ein zweiter alternativer Lösungsansatz sieht daher vor, eine Vorrichtung zur Lichtlenkung aus wenigstens einem teiltransluzenten Material, das eine Flächenoberseite aufweist, derart auszubilden, dass die Flächenoberseite optisch wirksame Oberflächenstrukturen zur Lichtlenkung oder/oder Lichtstreuung vorsieht, wobei die optisch wirksamen Oberflächenstrukturen wenigstens in Teilbereichen Mikrostrukturen vorsehen, die wenigstens teilweise mit einer optisch wirksamen Schicht überdeckt sind, die zu ihrer optischen Wirkung durch die Mikrostrukturen bedingte Nahfeldeffekte ausnutzt.

Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass einerseits die Blendgefahr gering gehalten werden kann, andererseits der solare Strahlungsfluss derart beeinflusst wird, dass eine Überhitzung in warmen Jahreszeiten vermieden und ein deutlicher Wärmeeintrag zu kalten Jahreszeiten gewährleistet wird.

Ähnlich überraschend gute Ergebnisse können überdies erzielt werden, wenn die Flächenoberseite des Flächenmaterials ausschließlich über eine Mikrostrukturoberfläche verfügt, also ohne das zusätzliche Vorsehen makroskopisch agebildeter Oberflächenstrukturen. Die Mikrostrukturen sind in diesem Falle wenigstens teilweise mit einer optisch wirksamen Schicht überdeckt, die zu ihrer optischen Wirkung durch die Mikrostrukturen bedingte Nahfeldeffekte ausnutzt.

Von besonderer Bedeutung für die vorteilhafte optische Wirkung der mikrostrukturierten Flächenoberseite ist die Beschichtung lediglich in jenen Flächenbereichen der Mikrostrukturen, an denen bei Lichteinfall Intensitätsmaxima bzw. -minima im Nahfeld in Erscheinung treten. So werden vorzugsweise lediglich obere Kantenzüge der Mikrostrukturen mit der optisch wirksamen Schicht überdeckt,

die bspw. als dünne Metallschicht ausgebildet ist und über gleichbleibende Reflexions- bzw. Absorptionseigenschaften verfügt. Auch ist grundsätzlich der Einsatz dielektrischer Schichten denkbar, die bestimmte gleichbleibende Transmissionseigenschaften aufweisen.

Wie bereits vorstehend kurz erwähnt, werden unter Mikrostrukturen durchaus auch unterschiedlich geformte, geometrische Mikrostrukturelemente in der Größenordnung von $100 \mu\text{m}$, vorzugsweise kleiner $20 \mu\text{m}$, und einem bevorzugten Aspektverhältnis von größer 0.2 verstanden.

Typische, über die Flächenoberseite jeweils erhabene, dreidimensionale Mikrostrukturelemente stellen bspw. prismaartig, quaderförmig, parabolisch, konkav oder konkav gewölbt oder pyramidenartig ausgeformte Strukturelemente dar, durch die, bei entsprechender Bestrahlung mit Sonnenlicht aufgrund ihrer Strukturdimensionen Interferenzeffekte hervorgerufen werden, die zu Feldmodulationen im Nahfeld in der Größenordnung der Wellenlänge des auf die Mikrostrukturen einfallenden Lichtes führen. So hat sich gezeigt, dass durch lokal begrenzte Beschichtung der Mikrostrukturflanken bzw. -kanten vorzugsweise mit einer Metallschicht, ein entscheidender Einfluss auf die Ausbildung des Nahfeldes ausgeübt werden kann. So weisen derartige Mikrostrukturen eine sehr starke Winkelabhängigkeit bezüglich des auf die Mikrostrukturen auftreffenden Lichtes hinsichtlich ihres optischen Umlenkverhaltens auf. Durch geeignete selektive Beschichtung der Mikrostrukturflanken bzw. -kanten kann das vom Einfallswinkel abhängige Ausblendverhalten hinsichtlich des optischen Umlenkvermögens der Mikrostrukturen hochpräzise eingestellt werden.

Die sich ausbildenden Nahfeldeffekte vermögen überdies in Abhängigkeit des Einfallswinkels des auf die Mikrostrukturen auftreffenden Lichtes die Transmissionseigenschaften des gesamten transluzenten Flächenelementes wellenlängenselektiv zu beeinflussen. So ist es möglich durch geeignete Mikrostrukturbeschichtung das Transmissionsverhalten für Sonnenlicht aus dem längerwelligen Spektrum bei hohen Einfallswinkeln, wie sie während der Sommerzeit

in unseren Breiten auftreten, zur Vermeidung von Überhitzungen im Rauminneren gezielt reduziert einzustellen und zugleich dafür gesorgt werden, dass langwellige Strahlung unter flachen Einfallswinkeln, wie sie in unseren Breiten in den kalten Jahreszeiten auftreten, nahezu ungeschwächt durch das Flächenmaterial hindurchtreten kann.

Somit stellt auch die erfindungsgemäße Kombination einer wenigstens in Teilbereichen optisch wirksame Mikrostrukturen aufweisende Vorrichtung mit einer selektiven Beschichtung aus optisch wirksamen Material, das nicht notwendigerweise optisch schaltbar ist, eine Vorrichtung zum bevorzugten Einsatz als Sonnenschutzelement dar, das die eingangs zum Stand der Technik gewürdigten Vorteile vereint sowie deren Nachteile vermeidet.

Neben der vorgeschlagenen Verwendung zur selektiv lokalen Beschichtung der Mikrostrukturen mit einer optisch wirksamen Schicht, die metallisch, dielektrisch oder absorbierend wirkt und über zeitunabhängige Reflexions-, Transmissions- und/oder Absorptionseigenschaften verfügt, ist es selbstverständlich auch möglich, optisch schaltbare Schichtmaterialien einzusetzen, wie sie auch in Verbindung mit der vorstehend beschriebenen ersten Lösungsalternative vorgeschlagen worden sind.

Grundsätzlich eignen sich alle bekannten optisch schaltbaren Materialien für die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Lichtlenkung. Aus der Gruppe optisch schaltbarer Schichtmaterialien, die über elektrochrome, photochrome, phototrope, photoelektrochrome, thermochrome, thermotrope oder gasochrome Schalteigenschaften verfügen, eignen sich, ohne die grundsätzliche Eignung der übrigen Materialien in Frage zu stellen, nach derzeitigem Kenntnisstand gasochrome Schichtmaterialien besonders bevorzugt für die Realisierung der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Hierfür eignen sich insbesondere Übergangsmetalloxide, wie beispielsweise Wolframoxid, Wolframate, Nioboxid, Molybdenoxid, Molybdate, Nickeloxid, Titanoxid, Vanadiumoxid, Iridiumoxid, Manganoxid, Kobaltoxid oder Mischungen aus den vorstehenden Oxidarten. Ebenso sind als gasochrome Materialien Metallhydride, wie beispielsweise $La_{1-z}Mg_zH_x$, $Y_{1-z}Mg_zH_x$, $Gd_{1-z}Mg_zH_x$,

YH_b , LaH_b , SmH_b , $NiMg_2H_x$, $CoMg_2H_x$ oder Mischungen davon, mit z Werte im Bereich 0 bis 1, x Werte im Bereich von 0 bis 5 und b Werte von 0 bis 3, geeignet, oder auch schaltbare Polymere, wie Polyviologene, Polythiophene oder Polyaniline, oder Preussisch Blau

Zur flächigen oder flächig begrenzten Abscheidung auf die entsprechenden Oberflächen werden Schichtdicken im Falle der vorstehend erläuterten Übergangsmetallocide im Bereich zwischen 100 nm bis 1000 nm gewählt. Besonders geeignete Schichtdicken betragen 200 bis 600 nm. Wählt man das gasochrome Schichtmaterial jedoch aus der Gruppe der Metallhydride, so genügen bereits Schichtdicken zwischen 10 nm und 500 nm, vorzugsweise 20 nm bis 50 nm. Letztere Materialklasse eignet sich vorzugsweise für die selektive Beschichtung kleinster Flächenabschnitte auf den Mikrostrukturen, an denen vorzugsweise lediglich die Kantenzüge bzw. bestimmt ausgerichtete Seitenflankenflächen in Bezug auf den Lichteinfall mit einer nur dünnen Schicht überzogen werden.

Um die Schaltbarkeit vorstehend erläuterter gasochromer Schichtmaterialien zu verbessern, werden die Schichtmaterialien mit katalytischen Materialien kombiniert. Derartige katalytische Materialien sind beispielsweise Platin, Iridium, Palladium, Rhodium, Osmium, Rhenium, Nickel, Ruthenium oder Mischungen aus den vorstehend genannten Metallarten. Die als Schichten ausgebildeten Katalysatoren weisen bevorzugte Schichtdicken von 10 nm und kleiner, vorzugsweise 3 nm auf.

Die Verwendung gasochromer Schichten in Kombination mit lichtlenkenden oder lichtstreuenden Oberflächenstrukturen hat insbesondere bei einer selektiven Beschichtung von bestimmten Bereichen der Oberflächenstruktur u.a. folgende Vorteile:

- Der Schichtaufbau ist besonders einfach. Insbesondere bei einer selektiven Beschichtung von bestimmten Bereichen der Oberflächenstruktur vereinfacht dies den Beschichtungsaufwand gegenüber komplexen Mehrschichtsystemen erheblich.

- Gasochrome Schichtsysteme kombinieren in der Regel eine vergleichsweise dicke gasochrome Schicht, z.B. bei Übergangsmetallociden typischerweise 100 nm bis 1000 nm dick, bevorzugt 200 nm bis 600 nm, mit einer dünnen Katalysatorschicht, typischerweise dünner als 10 nm, bevorzugt dünner als 3 nm.
- Das selektive Aufbringen auf bestimmte Bereiche der Oberflächenstruktur ist gut durch Abscheideverfahren, wie z.B. Aufdampfen oder Aufsputtern, möglich, bei denen sich die Schichtpartikel geradlinig ausbreiten und so eine Schattenwirkung entsteht. Durch Einschränkung des Winkelbereichs dieser Schichtpartikel beim Abscheideprozess kann eine selektive Beschichtung der Oberflächenstruktur gut erreicht werden, wie später weiter beschrieben wird. Dies ist in der Regel aber auch mit einer Reduzierung der effektiven Abscheiderate verbunden. Nun ist es bei gasochromen Schichtsystemen gut möglich, die dicke gasochrome Schicht flächig, und die dünne Katalysatorschicht selektiv aufzubringen und so eine nur in den Bereichen mit Katalysator schaltende Beschichtung zu erzeugen. Der Nachteil der reduzierten Abscheiderate bei der Katalysatorschicht ist nun nicht gravierend, da hier ohnedies sehr dünne Schichten ausreichen.
- Das Schalten einer selektiv in bestimmten Bereichen abgeschiedenen gasochromen Beschichtung erfolgt ebenso einfach wie bei einer flächigen Beschichtung durch Überströmen mit reaktiven Gasen. Bei Schichtsystemen, bei denen eine elektrische Kontaktierung erforderlich ist, wie z.B. elektrochrom, kann der Schaltungsaufwand bei selektiver Beschichtung ungleich aufwendiger werden.
- Zum Schutz der optisch wirksamen Oberflächenstrukturen ist es überdies oft erforderlich, diese in einen Scheibenzwischenraum zwischen zwei Substraten einzubetten. Dieser Scheibenzwischenraum steht dann auch für ein Überströmen mit reaktiven Gasen, wie für gasochrome Schichten benötigt, zur Verfügung.
- Analog können auch Hohlräume, wie sie z.B. durch Zusammenfügen zweier komplementären Strukturen erzeugt werden, innenseitig mit gasochromen Schichten ausgestattet sein und dann mit reaktiven Gasen durchströmt werden.

Die vorstehend genannten gasochromen Materialklassen eignen sich in gleicher Weise als elektrochrome Schichtmaterialien, sie müssen in diesem Fall lediglich zur

Schaltung ihres optischen Transmissionsverhaltens mit einem elektrischen Steuerpotential verbunden sein und nicht wie im gasochromen Betriebsfall einem gezielten Gasfluss ausgesetzt werden.

Nicht besonders gut geeignet sind Flüssigkristalle, wenn selektiv bestimmte Bereiche der Oberflächenstruktur schaltbar gestaltet werden sollen, da deren Verkapselung über selektive Bereiche sehr aufwendig ist. Insbesondere wenn die eine Elektrodenfläche eines Flüssigkristallsystems auf größere Strukturtiefen aufgebracht wird, dann kann es notwendig werden, die zweite parallel zur ersten geneigt auszuführen, was sehr aufwendig ist. Grundsätzlich ist die Verwendung von Flüssigkristallen auf großen Flächen aufwendig und teuer.

Analoges gilt für die Verwendung von "Suspended Particle Devices" (SPD).

Phototrope und thermotrope Materialien benötigen vergleichsweise große Schichtdicken (typischerweise größer als $10\mu\text{m}$ bzw. $100\mu\text{m}$), viele organische photochrome Materialien, wie sie bei Sonnenbrillen eingesetzt werden, typischerweise größer als $1\mu\text{m}$. Daher sind sie insbesondere für eine selektive Beschichtung bestimmter Strukturbereiche nicht so gut geeignet.

Gut geeignet sind dagegen solche optisch schaltbare Systeme, die dünne Schichten mit Schichtdicken unter $10\mu\text{m}$, bevorzugt unter $1\mu\text{m}$ aufweisen. Beispiele hierfür sind gasochrome, elektrochrome, photoelektrochromic, photochrome, oder thermochromic Schichtsysteme. Solche photoelektrochromen Schichtsysteme werden z.B. in "New photoelectrochromic device", *Electrochimica Acta*, Volume 46, Issues 13-14, 2 April 2001, S. 2131-2136, A. Hauch, A. Georg, S. Baumgärtner, U. Opara Krasovec and B. Orel, oder in "User controllable photochromic (UCPC) devices", *Electrochimica Acta*, Volume 44, Issue 18, 1 May 1999, S. 3017-3026, Gimtong Teowee, Todd Gudgel, Kevin McCarthy, Anoop Agrawal, Pierre Allemand and John Cronin beschrieben. Geeignete photochrome und photoelektrochrome Systeme werden z.B. in DE 198 16 675 A1 beschrieben. Dünne thermochromic Schichtsysteme sind z.B. VO₂, u.a. dotiert mit Wolfram oder Molybdän (s. z.B. "Thermochromic glazing of windows with better luminous solar transmittance", *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Volume 71, Issue 4, 1 March 2002, S 537-540, Moon-Hee Lee).

Von den oben beschriebenen schaltbaren Systemen sind einige nicht kontrolliert schaltbar, d.h. sie reagieren passiv auf äußere Einflüsse, insbesondere Temperatur (thermochrom, Thermotrop) und Lichtintensität (photochrom, phototrop). Diesen gegenüber weisen die aktiv kontrollierbaren Systeme (z.B. gasochrom, elektrochrom, photoelektrochrom) den Vorteil der größeren Beeinflussbarkeit auf.

Zur Herstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung, an deren optisch wirksamen Oberflächenstrukturen - mögen sie nun makroskopische oder mikroskopische Dimensionen annehmen - lokalselektive Schichtablagerungen vorgesehen sind – seien sie nun optisch schaltbar oder statisch, eignet sich eine Reihe alternativer Beschichtungstechniken.

So eignen sich bekannte Aufdampf- oder Aufsputterprozesse, bei denen sich die einzelnen Beschichtungspartikel geradlinig auf die zu beschichtende Oberfläche ausbreiten. Im Wege der Schrägbeschichtung können somit jene Seitenflanken der Oberflächenstrukturen, die der jeweiligen Beschichtungsquelle zugewandt sind, selektiv beschichtet werden, wohingegen die von der Beschichtungsquelle abgewandten oder von anderen Strukturen abgeschatteten Seitenflächen unbeschichtet verbleiben.

Typischerweise werden Sputterprozess unter Argon-Atmosphäre sowie unter Druckbedingungen durchgeführt, bei denen die mittlere freie Weglänge der Gaspartikel kleiner ist als oder in der gleichen Größenordnung ist wie der Abstand von der Sputterquelle (Target) zum Substrat, so dass mit Streuung der Sputter-Partikel zu rechnen ist. Wählt man hingegen massereiche Sputter-Partikel, wie beispielsweise Wolfram oder Platin und verwendet überdies ein leichtes Sputtergas, wie beispielsweise Helium oder Neon, so können sich die schweren Sputter-Partikel nahezu geradlinig ausbreiten und sind in der Lage flankenselektive Beschichtungen an geometrischen Strukturen zu bilden. Ferner ist der Einsatz geeignet angebrachter Blenden während des Sputter-Prozesses vorteilhaft, möchte man erreichen, dass nur

bestimmte Winkelbereiche bezogen auf die geradlinige Ausbreitungsrichtung der Sputter-Partikel, zur Beschichtung freistehen. Ähnliches kann man auch durch eine Neigung des Targets oder des Substrates, etwa durch Führen über Rollen im Falle einer Folienbeschichtung, erreichen.

Auch sind nasschemische Beschichtungsverfahren denkbar, wie beispielsweise Tauchen, Aufsprühen, Aufschleudern, Rakeln oder Drucken, jedoch müssen die zu beschichtenden Oberflächenstrukturen in einem ersten Schritt derart vorprozessiert werden, dass während des Beschichtungsvorganges, bei dem die gesamten Oberflächenstruktur mit dem Beschichtungsmaterial in Kontakt gebracht wird, nur selektive Flankenbereiche durch nasschemisches Ablagern beschichtet werden. Dies wird erreicht, indem bestimmte Strukturflächenbereiche hydrophile, hydrophobe, lipophile oder lipophile Oberflächeneigenschaften aufweisen. Derartige Oberflächeneigenschaften können durch kleine Strukturen, d.h. Strukturen kleiner als $10\mu\text{m}$, erzeugt werden. Hält man die Strukturen kleiner als die Lichtwellenlänge, d.h. kleiner als 400 nm, so ist zusätzlich ihr Einfluß auf die optischen Eigenschaften im Bereich der Solarstrahlung nicht so groß. Sie sind beispielsweise durch mechanisches Abprägen auf eine Foliensubstratoberfläche übertragbar. Je nach Beschaffenheit der Beschichtungslösungen können auf diese Weise selektive Flankenbeschichtungen vorgenommen werden.

Auch sind Kombinationen aus verschiedenen Beschichtungsverfahren, wie beispielsweise der kombinierte Einsatz von Aufdampfen oder Aufsputtern sowie nasschemische Verfahren denkbar. So können im Wege eines Aufsputter-Prozesses Ablöseschichten, selektiv auf begrenzte Substratoberflächen abgeschieden werden. In einem anschließenden nasschemischen Verfahren wird beispielsweise ganzflächig eine optisch schaltbare Schicht auf dem Flächensubstrat aufgebracht. Unter nachträglichem Ablösen der Ablöseschicht kann anschließend die optisch wirksame Schicht lokal entfernt werden, wodurch lediglich an den übrigen Flächenbereichen die optisch wirksame Schicht verbleibt.

Umgekehrt ist es möglich, die mit optisch wirksamen Oberflächenstrukturen versehene Flächenoberseite ganzflächig mit einer beispielsweise optisch wirksamen Schicht zu beschichten und anschließend selektiv mit einer Blockadeschicht zu überdecken. Im Falle einer optisch schaltbaren Schicht als optisch wirksame Schicht kann diese Blockadeschicht die Schaltfunktion unterbinden, im Falle einer statischen Schicht deren optischen Eigenschaften stark beeinträchtigen.

Bei optisch schaltbaren Mehrschichtsystemen, wie z.B. die Kombination einer dickeren gasochromen Schicht mit einer dünneren Katalysatorschicht, ist es weiter möglich, nur eine Schicht, z.B. die dünneren Schicht, selektiv abzuscheiden und die restlichen Schichten flächig, so daß die schaltende Funktion nur an Orten der Anwesenheit aller Einzelschichten gegeben ist.

Weitere geeignete Verfahren sind solche, bei denen die Beschichtung durch eine Beleuchtung der strukturierten Oberfläche beeinflußt wird und so beispielsweise eine Schichtabscheidung besonders an Stellen hoher oder niedriger Lichtintensität geschieht. Beispiele hierfür können die Auspolymerisation von Monomeren unter UV Beleuchtung oder das Belichten von Photoresiststrukturen mit anschließender Entwicklung und evtl. weiteren Beschichtungs- und/oder Lift off Prozessen sein.

Kurze Beschreibung der Erfindung

Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung exemplarisch beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1a bis d Querschnittsdarstellungen eines Fensterelementes unter Verwendung der erfindungsgemäß ausgebildeten Vorrichtung zur Lichtlenkung.

Fig. 2 Fensterelement mit optisch wirksamen Oberflächenstrukturen und Mikrostrukturen

Wege zur Ausführung der Erfindung, gewerbliche Verwendbarkeit

Die vorstehend beschriebene Vorrichtung zur Lichtlenkung aus wenigstens einem teiltransluzenten Flächenmaterial eignet sich in bevorzugter Weise zur Integration in ein Fensterelement, das unter Bezugnahme auf die folgenden Ausführungsbeispiele im einzelnen beschrieben wird.

In Fig. 1a ist ein schematisierter Querschnitt durch ein doppelverglastes Fensterelement dargestellt, das beidseitig von den sich gegenüber befindlichen Fensterglasscheiben 1 und 4 begrenzt ist. Innerhalb des zwischen den Fensterscheiben 1 und 4 eingeschlossenen Zwischenraumes ist das in Art einer Glasscheibe ausgebildete Flächenmaterial 2 vorgesehen, das auf seiner, in der Abbildung, linken Flächenoberseite makroskopisch ausgebildete Oberflächenstrukturen 21 vorsieht. Die Oberflächenstrukturen 21 weisen jeweils drei Seitenflanken auf, von denen eine parallel zur Rückseite des Flächenmaterials 2 orientiert ist.

Die drei Seitenflanken schließen in dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel zusammen mit der Glasscheibe 2 einen Hohlraum 22 ein, der von drei optisch wirksamen Grenzflächen umschlossen ist, die das optische Umlenkvermögen für das auf das Fensterelement auftreffende Sonnenlicht in das Rauminnere wesentlich bestimmen.

Im Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 1a sei angenommen, dass die Glasscheibe 1 die Aussenscheibe ist und die Glasscheibe 4 die Innenscheibe eines Fensterelementes ist. Zwischen der strukturierten Scheibe 2 sowie der Innenscheibe 4 ist ein optisch schaltbares Schichtsystem 3 vorgesehen, das beispielsweise aus einer optisch schaltbaren Schicht und einem Katalysator, beispielsweise WO_3 und Platin besteht. Der Scheibenzwischenraum 22 kann wechselweise mit einem reduzierenden Gas, beispielsweise verdünntes H_2 und einem oxidierenden Gas, beispielsweise verdünntes O_2 gefüllt werden, wodurch sich die Schicht z.B. bei WO_3

und Platin ein- sowie entfärbt. Nähere Einzelheiten eines derartig optisch schaltbaren Systems sind auch der DE 44 40 572 zu entnehmen.

In seiner Wirkung reduziert das optisch schaltbare Schichtsystem 3 die Blendwirkung der geometrischen Struktur 21, die herstellungsbedingt aufgrund mangelnder Kantenausführungen (Stichwort Kantenverrundung) bestehen.

Fig. 1b zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem eine optisch schaltbare Schicht 3 ganzflächig auf der Oberflächenstruktur des Flächenmaterials 2 vorgesehen ist. Im Unterschied dazu, ist in Fig. 1c eine Ausführungsform dargestellt, an der nur bestimmte Flanken der Oberflächenstruktur 21 mit einer optisch schaltbaren Beschichtung 3 versehen sind. Die Strukturgröße kann makroskopisch, z.B. größer als $100\mu\text{m}$, oder mikroskopisch, z.B. kleiner als $100\mu\text{l}$ sein.

Zur Herstellung eines derartigen Aufbaus kann beispielsweise eine lichtlenkende Struktur in eine Kunststofffolie geprägt werden. Anschließend wird diese mit einer gasochromen Schicht selektiv durch Aufdampfen oder Aufspittern beschichtet, und darauffolgend wird die Folie auf der Innenseite einer Scheibe einer Doppelverglasung aufgebracht. Typische Strukturen können periodische Prismen mit einem Durchsichtbereich, wie in Abb.1 skizziert, sein, wobei selektiv einzelne Flanken und/oder Kantenrundungen beschichtet werden. Typische Strukturgrößen liegen dabei beispielsweise in der Größenordnung von 10 bis $50\mu\text{m}$.

Fig. 1d zeigt in Detaildarstellung eine herstellungsbedingte Kantenverrundung, die zu unerwünschten Blendwirkungen führen kann. Wird der Kantenbereich jedoch gezielt mit der optisch schaltbaren Schicht 3 überzogen, so können durch die Verrundung bedingte Blendwirkungen effektiv reduziert werden.

Besonders vorteilhafte Kombinationen ergeben sich auch aus lichtlenkenden Oberflächenstrukturen und photochromen Schichtmaterialien. So verfärbten sich typischerweise photochrome Schichtenmaterialien unter Lichteinfall, so dass sich insbesondere jene Schichtbereiche einfärben, die bei Durchstrahlung eine hohe

Lichtintensität erfahren. Beispielsweise kann direktes Sonnenlicht durch entsprechende geometrische Ausbildung lichtlenkender Strukturen auf bestimmte Stellen der photochromen Schicht gelenkt werden, wodurch lokale Verfärbungen induziert werden, während die photochrome Schicht in anderen Stellen bspw. lichtdurchlässig bleibt. Prinzipiell ist auch die umgekehrte Reaktion denkbar, d.h. ein photochromes Material, das sich unter Lichteinwirkung entfärbt sonst ansonsten jedoch gefärbt oder spiegelnd verbleibt.

In Figur 2 ist ein Ausführungsbeispiel eines Fensterelementes dargestellt, vergleichbar der Darstellung in Figur 1c, jedoch weist das zwischen den Fensterscheiben 1 und 4 eingebrachte Flächenelement 2 Mikrostrukturen 5 auf, auf die ebenfalls lediglich in Teilbereichen eine optisch wirksame Schicht 31 aufgebracht ist, die nicht notwendigerweise als optisch schaltbare Schicht ausgebildet sein muss. Die Mikrostrukturen 5 sind in Fig. 2 aus Gründen der besseren Sichtbarmachung stark vergrößert ausgebildet.

In lokal begrenzten Bereichen der Mikrostrukturen 5, vorzugsweise an den Mikrostrukturkantenzügen, sind Metallbeschichtungen 31 vorgesehen, die durch die Mikrostrukturen 5 bei Bestrahlung bedingten Nahfeldeffekte in bestimmter Weise zu beeinflussen vermögen und somit das Lichtumlenkvermögen des gesamten Fensterelementes bestimmen.

Durch das Vorsehen der Mikrostrukturen 5, gemäß dem Ausführungsbeispiel in Figur 2, kann grundsätzlich eine scharfe Winkel Selektivität realisiert werden, d.h. bei direktem Sonnenlicht und hohen Positionen der Sonne über dem Horizont, wie sie vor allem im Sommer auftreten, wird das Licht zurückreflektiert, wohingegen bei niedrigen Sonnenpositionen, vor allem im Winter, das Licht durchgelassen wird. Ebenso kann grundsätzlich eine Wellenlängenselektivität erreicht werden. Dies ermöglicht einen Überhitzungsschutz im Sommer bei gleichzeitiger Nutzung des Sonnenlichtes im Winter zur Gebäudeerwärmung. Durch eine Umlenkung des direkten Sonnenlichtes z.B. an die Decke des Innenraumes im Falle der niedrigen

Sonnenpositionen im Winter kann auch gleichzeitig eine Blendung vermieden werden.

Zudem sorgen die Mikrostrukturen für ein Nahfeld, das naturgemäß wesentlich stärker wellenlängenabhängig ist als die optische Funktion makroskopischer Strukturen, bei denen die geometrische Optik die Wirkung bestimmt, die im Idealfall unabhängig von der Wellenlänge ist.

Für das Ziel des Überhitzungsschutzes ist es von Vorteil, den nicht sichtbaren Bereich, vor allem im nahen Infrarot, des Sonnenlichtes auszublenden, am besten zu reflektieren, aber den sichtbaren Bereich zur Beleuchtung des Innenraumes noch durchzulassen. Die erfindungsgemäße Kombination von Mikrostrukturen und optisch wirksamen Schichten erlaubt eine schärfere Wellenlängenselektivität, eine geringere Absorption und die Verwendung einfacherer Schichten, z.B. Einzelschichten, wie Metalle, bei geringeren Ansprüchen an das Substrat.

Bezugszeichenliste

- 1 Aussenscheibe
- 2 Oberflächenstrukturiertes Flächenmaterial
- 21 Oberflächenstruktur
- 22 Hohlraum
- 3 Optisch schaltbare Schicht
- 31 Optisch wirksame Schicht
- 4 Innenscheibe
- 5 Mikrostruktur

Patentansprüche

- 1. Vorrichtung zur Lichtlenkung aus wenigstens einem teiltransluzenten Flächenmaterial, mit**
 - einer Flächenoberseite, die optisch wirksame Oberflächenstrukturen zur Lichtlenkung und/oder Lichtstreuung aufweist, sowie zumindest in Teilbereichen der Oberflächenstrukturen eine optisch schaltbare Beschichtung vorsieht oder
 - wenigstens zwei sich gegenüberliegenden Flächenoberseiten, von denen eine optisch wirksame Oberflächenstrukturen zur Lichtlenkung und/oder Lichtstreuung aufweist, und von denen die andere eine zumindest Teile der Flächenoberseite bedeckende optisch schaltbare Beschichtung vorsieht.
- 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die optisch wirksamen Oberflächenstrukturen wenigstens in Teilbereichen Mikrostrukturoberflächen vorsehen, die wenigstens teilweise mit der optisch schaltbaren Schicht überdeckt sind, die zu ihrer optischen Wirkung durch die Mikrostrukturen bedingte Nahfeldeffekte ausnutzt.**
- 3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die optisch wirksamen Oberflächenstrukturen als Mikrostrukturen ausgebildet sind.**
- 4. Vorrichtung zur Lichtlenkung aus wenigstens einem teiltransluzenten Flächenmaterial, mit**
 - einer Flächenoberseite, die optisch wirksame Oberflächenstrukturen zur Lichtlenkung und/oder Lichtstreuung aufweist, die wenigstens in Teilbereichen Mikrostrukturoberflächen vorsehen, die wenigstens teilweise mit einer optisch

wirksamen Schicht überdeckt sind und die zu ihrer optischen Wirkung durch die Mikrostrukturen bedingte Nahfeldeffekte ausnutzt, oder

-- einer Flächenoberseite, die eine Mikrostrukturoberfläche zur Lichtlenkung und/oder Streuung vorsieht, die wenigstens teilweise mit einer optisch wirksamen Schicht überdeckt ist und die zu ihrer optischen Wirkung durch die Mikrostrukturen bedingte Nahfeldeffekte ausnutzt.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrostrukturen mittlere Strukturperioden von kleiner $100 \mu\text{m}$, vorzugsweise kleiner $20 \mu\text{m}$ und ein Aspektverhältnis von größer 0.2 aufweisen.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die optisch wirksame Schicht ausschließlich in Bereichen auf der Mikrostrukturoberfläche aufgebracht ist, in denen für bestimmte Lichteinfallswinkel bezogen auf die Flächenoberseite an der Mikrostrukturoberfläche Nahfeld-Intensitätsüberhöhungen oder -erniedrigungen auftreten.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die optisch wirksame Schicht über zeitunabhängige Absorptions-, Transmissions- und/oder Reflexionseigenschaften verfügt.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die optisch wirksame Schicht eine optisch schaltbare Schicht ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3 oder 8 dadurch gekennzeichnet, dass die optisch schaltbare Schicht selektiv auf bestimmte Bereiche der Oberflächenstruktur aufgebracht ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die optisch schaltbare Schicht dünner als $10 \mu\text{m}$, bevorzugt dünner als $1 \mu\text{m}$ ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3 oder 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die optisch schaltbare Schicht gasochromes, elektrochromes, photochromes, photoelektrochromes oder thermochromes Schichtmaterial aufweist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3 oder 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die optisch schaltbare Schicht in ihrer Schaltfunktion aktiv kontrollierbar ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die optisch schaltbare Schicht gasochromes, elektrochromes oder photoelektrochromes Schichtmaterial aufweist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass das gasochrome Schichtmaterial aus folgenden Materialklassen gewählt ist:
Übergangsmetallocid, z.B. Wolframoxid, Wolframat, Nioboxid, Molybdänoxid, Molybdat, Nickeloxid, Titanoxid, Vanadiumoxid, Iridiumoxid, Manganoxid, Cobaltoxid, oder Mischungen davon,
Metallhydrid, wie z.B. $\text{La}_{1-z}\text{Mg}_z\text{H}_x$, $\text{Y}_{1-z}\text{Mg}_z\text{H}_x$, $\text{Gd}_{1-z}\text{Mg}_z\text{H}_x$, YH_b , LaH_b , SmH_b , NiMg_2H_x , CoMg_2H_x oder Mischungen davon, mit z Werte im Bereich 0 bis 1, x Werte im Bereich von 0 bis 5 und b Werte von 0 bis 3, oder schaltbare Polymere, wie Polyviologene, Polythiophene oder Polyaniline, oder Preussisch Blau.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Schichtmaterial aus

- Übergangsmetalloxiden Schichtdicken in einem Bereich von 100 nm bis 1000 nm, bevorzugt 200 nm bis 600nm oder
- Metallhydiden Schichtdicken in einem Bereich von 10 nm bis 500 nm, bevorzugt 20 nm bis 50 nm aufweist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 oder 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass das gasochrome Schichtmaterial mit katalytischen Material in Wirkverbindung steht.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das katalytische Material in Art einer Schicht ausgebildet ist und Platin, Iridium, Palladium, Rhodium, Osmium, Rhenium, Nickel, Ruthenium oder Mischungen aus diesen enthält.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die katalytische Schicht eine Schichtdicke kleiner als 10 nm, bevorzugt kleiner als 3 nm aufweist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3 sowie 8, dadurch gekennzeichnet, dass die optisch schaltbare Schicht phototropes, oder thermotropes Schichtmaterial aufweist.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das elektrochrome Schichtmaterial aus den folgenden Materialklassen wählbar ist:

- Übergangsmetalloxide, z.B. Wolframoxid, Wolframat, Nioboxid, Molybdänoxid, Molybdat, Nickeloxid, Titanoxid, Vanadiumoxid, Iridiumoxid, Manganoxid, Cobaltoxid, oder Mischungen davon,
- Metallhydride, wie z.B. $La_{1-z}Mg_zH_x$, $Y_{1-z}Mg_zH_x$, $Gd_{1-z}Mg_zH_x$, YH_b , LaH_b , SmH_b , $NiMg_2H_x$, $CoMg_2H_x$ oder Mischungen davon, wobei z Werte im Bereich 0 bis 1, x Werte im Bereich von 0 bis 5 und b Werte von 0 bis 3 wählbar sind, oder

- schaltbare Polymere, wie Polyviologene, Polythiophene oder Polyaniline, oder Preussisch Blau.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 2, 4 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die optisch wirksamen Oberflächenstrukturen als makroskopische Geometrien ausgebildet sind, die sich senkrecht zur Flächenoberseite des Flächenmaterials erheben oder in Form von Einschnitten oder Ausnehmungen im Flächenmaterial ausgebildet sind und Grenzflächen aufweisen, an denen Licht nach den Gesetzen der geometrischen Optik gebrochen oder gebeugt wird.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest teiltransluzente Flächenmaterial aus wenigstens einem Sonnenlicht-transparenten Trägersubstrat in Art einer massiven Scheibe besteht.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass das teiltransluzente Flächenmaterial ein Fensterelement bevorzugt für Gebäude oder Bestandteil eines Fensterelementes ist.

24. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass das teiltransluzente Flächenmaterial in Form eines einzigen Sonnenlicht-transparenten Trägersubstrats ausgebildet ist, mit den optisch wirksamen Oberflächenstrukturen und der optisch schaltbaren Schicht oder den im Nahfeldbereich optisch wirksame Mikrostrukturoberflächen mit der optisch wirksamen Schicht jeweils auf einer gemeinsamen Flächenoberseite oder jeweils auf unterschiedlichen Flächenoberseiten.

25. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Sonnenlicht-transparente Trägersubstrate vorgesehen sind, die mit ihren Flächenoberseiten gegenüberliegend beabstandet voneinander angeordnet sind,

dass auf einer der beiden gegenüberliegenden Flächenoberseite die optisch wirksamen Oberflächenstrukturen und auf der gegenüberliegenden Flächenoberseite die optisch schaltbare Schicht oder die im Nahfeldbereich optisch wirksamen Mikrostrukturoberflächen mit der optisch wirksamen Schicht vorgesehen sind.

26. Vorrichtung nach Anspruch 25,
dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Sonnenlicht-transparenten Trägersubstrate als Fensterscheiben einer Doppelverglasung ausgebildet sind, deren sich gegenüberliegende Flächenoberseiten den Scheibenzwischenraum einschließen.

27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 21,
dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest teiltransluzente Flächenmaterial in Art einer Folie ausgebildet ist.

28. Vorrichtung nach Anspruch 27,
dadurch gekennzeichnet, dass die Folie auf ein Sonnenlicht-transparentes Trägersubstrat gefügt ist.

29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 28,
dadurch gekennzeichnet, dass die optisch wirksamen Oberflächenstrukturen geometrisch gleichförmig und unter Zugrundelegung einer vorgegebenen periodischen Abfolge auf der Flächenoberseite ausgebildet und angeordnet sind, und
dass die optisch schaltbare Schicht auf alle Oberflächenstrukturen flächendeckend oder lediglich auf bestimmte Teilflächen der Oberflächenstrukturen selektiv aufgebracht sind.

30. Vorrichtung nach Anspruch 29,
dadurch gekennzeichnet, dass in Kombination mit in bestimmten Teilflächen der Oberflächenstrukturen selektiv aufgebrachten optisch schaltbaren Schicht eine optisch nicht schaltbare Schicht mit zeitunabhängige Absorptions-, Transmissions-

und/oder Reflexionseigenschaften in anderen Bereichen der Oberflächenstrukturen selektiv aufgebracht ist.

31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächenstrukturen Ecken oder Kanten aufweisen, die lokal mit einer optisch schaltbaren oder einer optisch wirksamen Schicht mit zeitunabhängige Absorptions-, Transmissions- und/oder Reflexionseigenschaften beschichtet sind.

Zusammenfassung

Beschrieben wird eine Vorrichtung zur Lichtlenkung aus wenigstens einem teiltransluzenten Flächenmaterial, mit

- einer Flächenoberseite, die optisch wirksame Oberflächenstrukturen zur Lichtlenkung und/oder Lichtstreuung aufweist, sowie zumindest in Teilbereichen der Oberflächenstrukturen eine optisch schaltbare Beschichtung vorsieht oder**
- wenigstens zwei sich gegenüberliegenden Flächenoberseiten, von denen eine optisch wirksame Oberflächenstrukturen zur Lichtlenkung und/oder Lichtstreuung aufweist, und von denen die andere eine zumindest Teile der Flächenoberseite bedeckende optisch schaltbare Beschichtung vorsieht.**

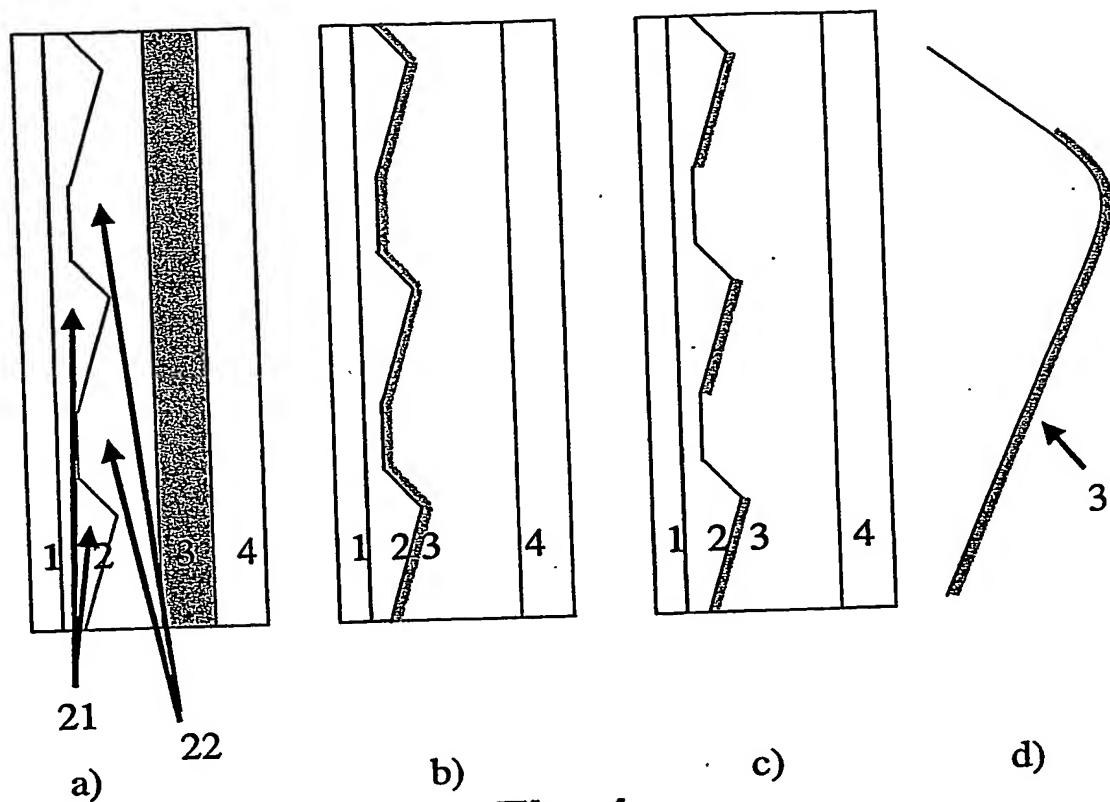


Fig. 1

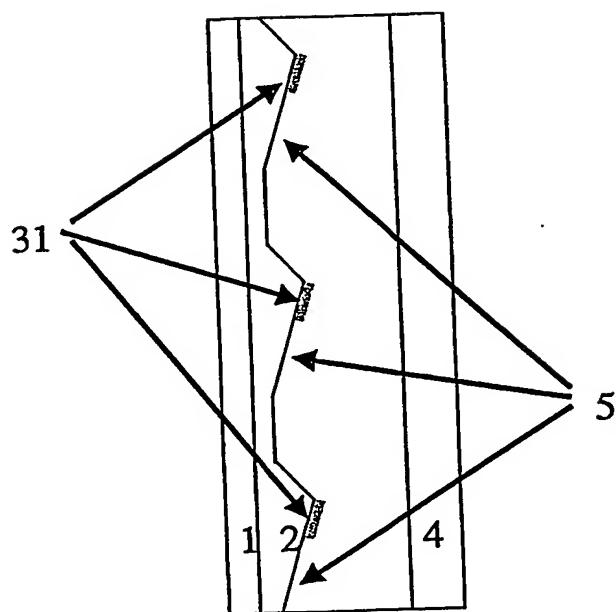


Fig. 2